



## *Verbrandingsmotoren*



**Naam:**

**Klas:**



# Beroepstaak Verbrandingsmotoren

## Inleiding

Stel je eens voor. In het praktijklokaal bij jou op school staan een personenwagen met 50 pk (38 kW) en een vrachtwagen met 500 pk (380 kW). Beide motoren draaien. Bij welk voertuig gaan de meeste leerlingen staan? Probeer het maar eens uit.

Het geluid van een vrachtwagenmotor klinkt nu eenmaal veel machtiger dan dat van een kleine personenwagen.



Nu gaan we een stapje verder, maar dat lukt al niet meer in het praktijklokaal.

Probeer je nu eens voor te stellen dat er ook een scheepsmotor met 100.000 pk (73.500 kW) staat en dat die motor gestart wordt. Dat is nog weer een maatje groter. Bij het starten van zo'n motor begint alles in de omgeving te trillen en te bonken. Een geweldig gevoel.



Grote motoren worden vooral gebruikt in zeeschepen, 'offshore' (op zee) op bijvoorbeeld booreilanden, in elektriciteitscentrales en in noodstroom-installaties van ziekenhuizen. Maar ook in zogenaamde warmtekrachtcentrales van kassencomplexen, bij de spoorwegen in locomotieven en in grondverzetmachines zoals bijvoorbeeld graafmachines.

Natuurlijk zijn niet alle motoren zo groot. De grootte van een motor wordt bepaald door het **vermogen** dat nodig is en door de beschikbare **ruimte**. 500 pk is natuurlijk heel leuk in een Suzuki Alto, maar die krijg je niet onder de motorkap geplaatst.

In passagiersschepen staan bijvoorbeeld vier hoofdmotoren voor de voortstuwing. De motoren voor het opwekken van de energie aan boord kunnen veel kleiner zijn.

Om je een idee te geven van een scheepsmotor, zie je hieronder een Wärtsilä-Sulzer RTA96C. Deze motor is ontworpen voor grote containerschepen. Hij heeft een vermogen van ruim 100.000 pk en is meer dan 27 meter lang. Daaronder zie je hoe een moderne machinekamer er vanbinnen uitziet. Zoals je ziet, geen druppeltje olie op de vloer.



Zoals je al had gelezen, komen grote motoren niet alleen in schepen voor. Bedenk maar eens hoeveel energie er nodig is voor het licht en geluid bij een **popconcert**. Dan is een gewoon stopcontact echt niet genoeg. Alle stoppen zouden meteen doorslaan.

Er worden dan tijdelijk grote **aggregaten** neergezet. Je hebt ze vast wel eens horen ronken aan de rand van het terrein. Hoewel, ronken: ze zijn tegenwoordig een stuk stiller en schoner dan vroeger. In die aggregaten staan grote diesel- of gasmotoren die generatoren (dynamo's) aandrijven, die weer voor de nodige stroom zorgen.



### **Werken in verbrandingsmotorenbranche**

Je kunt in deze branche vele kanten op. Als je geen huismus bent, kun je kiezen voor de **maritieme sector**. Dan kun je over de hele wereld aan grote scheepsmotoren sleutelen/werken.

Blijf je liever dicht bij huis, dan kun je bij de **industriële sector** terecht, deze bedrijven voeren onderhoud en reparaties vaak uit in de eigen werkplaats. Maar ook dan kan het zijn dat je toch vaak op pad moet, want grotere motoren zijn natuurlijk niet makkelijk te vervoeren. Voor reparaties en het oplossen van storingen moet je er naar toe.

Als je nog meer wilt weten, kijk dan op [www.echtsleutelen.nl](http://www.echtsleutelen.nl). Dat is de site van de VIV (Vereniging Importeurs Verbrandingsmotoren). Daar vind je heel veel informatie over opleidingen die je kunt volgen en een overzicht van beschikbare werk- en stageplekken bij de aangesloten lidbedrijven.

Als je eenmaal je plek in de verbrandingsmotorbranche hebt gevonden, kun je op heel veel manieren **doorgroeien**, en niet alleen in de techniek. Je kunt ook denken aan een functie binnen management, projectleiding, productontwikkeling, aftersales, applicaties en brandstoffen.

### **Bedrijfszekerheid**

In geen enkele branche staat bedrijfszekerheid zo hoog in het vaandel als bij de verbrandingsmotoren. Bedenk maar eens wat de gevolgen kunnen zijn als de stroom van een ziekenhuis uitvalt en de motor voor de noodstroom niet wil starten. Operaties kunnen niet worden uitgevoerd, hartbewakingsmachines doen het niet meer, kortom alles valt stil.

Of als de scheepsmotoren het niet meer doen! Het ergste (en gevaarlijkste) is natuurlijk dat het schip niet meer bestuurbaar is. Je begrijpt dat er heel veel fout kan gaan als die grote motoren niet betrouwbaar zijn. Het is dus heel verantwoordelijk werk. **Kleine foutjes kunnen grote gevolgen hebben.**

Deze beroepstaak bestaat uit vijf deeltaken.

**Deeltaken:**

- Deeltaak 1 Soorten motoren en hun toepassing.
- Deeltaak 2 Brandstoffen.
- Deeltaak 3 Componenten herkennen.
- Deeltaak 4 Milieu.
- Deeltaak 5 Terugkijken.

**Voorkennis:**

Theorie: Motoren, aandrijflijnen en tweeslag- en vierslagprocessen.

**Meer informatie is te vinden op:**

[www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)  
[www.mandieselturbo.com](http://www.mandieselturbo.com)  
[www.cat.com](http://www.cat.com)  
[www.rolls-royce.com](http://www.rolls-royce.com)  
[www.deutz.com](http://www.deutz.com)  
[www.mtu-online.com/mtu/mtu](http://www.mtu-online.com/mtu/mtu)  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Dieselmotor>  
[www.verbrandingsmotor.nl](http://www.verbrandingsmotor.nl)  
[www.echtsleutelen.nl](http://www.echtsleutelen.nl)

**Doelen:**

Aan het einde van deze beroepstaak kun je:

- Soorten en toepassingen van grote motoren herkennen en noemen.
- De opbouw van verschillende motoren herkennen en noemen.
- De verschillen tussen de gebruikte brandstoffen noemen.
- De belangrijkste componenten herkennen.
- Een aantal milieuzaken herkennen.

**Engels**

*De verbrandingsmotorenbranche is echt een internationale branche. Daar is Engels de voertaal. Documentatie in het Nederlands komt maar weinig voor en de meeste technische termen zijn in het Engels. Daarom geven we van een aantal basisbegrippen in deze beroepstaak de vertaling tussen haakjes.*

## Deeltaak 1 Soorten motoren en hun toepassing

Momenteel heeft de grootste motor een vermogen van zo'n 110.000 kW. Dat is ongeveer zo veel als **duizend flinke personenauto's** bij elkaar leveren.

Hoe een motor gekozen wordt, hangt van veel dingen af, bijvoorbeeld:

- De toepassing; voor welke aandrijving of stroomopwekking etc.
- Hoeveel vermogen is nodig (aantal PK).
- Belasting van de motor; staat hij 1 uur of 24 uur per dag aan?

Maar ook tellen de volgende vragen mee:

- Hoe hoog mag de aanschafprijs zijn.
- Welke type brandstof gaat gebruikt worden.
- Wat mag het verbruik zijn (en dat bereken je niet per kilometer, maar per uur!).
- Hoe zit het met de geluidsproductie (isolatie) en de uitstoot van schadelijke uitlaatgassen (milieu).
- Hoeveel ruimte mag de motor innemen (soms zijn meer kleinere motoren praktischer dan één grote en kunnen ze toch samen het benodigde vermogen leveren).

### Een paar gegevens van de krachtbronnen van de Queen Mary 2



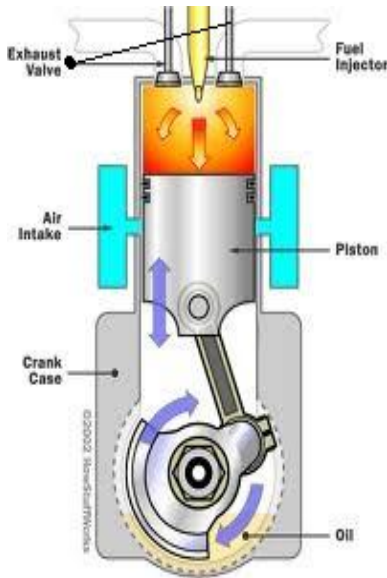
- Vier dieselmotoren: Wärtsilä W46 V1646C dieselgeneratoren, elk met een vermogen van 16,8 megawatt. ( $16,8 \times 4 = 67,2$  megawatt = 91.459 PK's!)
  - Brandstof: zware stookolie (HFO= Heavy Fuel Oil)
  - Verbruik: 3,1 ton brandstof per uur bij 100 procent belasting op volvermogen.
  - Ongeveer 40 meter lang, laag in de machinekamer in de romp van het schip.
- Twee gasturbines: General Electric LM2500, elk met een vermogen van 25 megawatt. ( $2 \times 25 = 50$  megawatt = 68.050 PK's!)
  - Brandstof: Marine gasolie (MDO= Marine Diesel Oil).
  - Verbruik: 6,1 ton brandstof per uur op 100 procent vermogen.
  - In een eigen machinekamer hoog op het schip.

Voor de opdrachten kun je ook kijken op de site met digitale leermiddelen, hier kun je nog meer informatie vinden en bekijken hoe de lessen eruit zien.  
[www.learningbox.nl](http://www.learningbox.nl) loginnaam: SVPVMTLL wachtwoord : SVPVMTLL

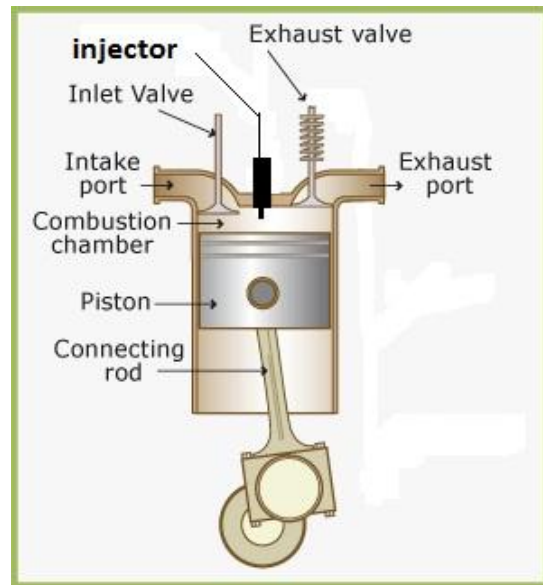
**Opdracht 1**

Als je kijkt naar het zogenaamde **arbeidsproces**, komen er in verbrandingsmotoren twee typen arbeidsprocessen voor.

- Noteer onder de afbeeldingen het afgebeelde type motor.



.....slag



.....slag

- De Wärtsilä-Sulzer RTA96-C is een .....slagmotor.
- Welk type motor wordt in schepen het meest gebruikt? Noem in je antwoord een percentage.

---



---

- Zoek op internet de volgende M.A.N.-brochure op:  
[http://mandieselturbo.com/files/news/files/11510/Brochure\\_Power%20Plants.pdf](http://mandieselturbo.com/files/news/files/11510/Brochure_Power%20Plants.pdf)  
 Zoek in die brochure de tabel op blad 3.  
 Welk verschil zie je tussen 2-stroke (tweeslag) en 4-stroke (vierslag)?

---

<b>Paraaf</b>	
---------------	--



## Opdracht 2

- Kijk op: [http://www.dhtd.co.jp/assets/flash/pdf\\_tech\\_lite\\_en/book2705/book.pdf](http://www.dhtd.co.jp/assets/flash/pdf_tech_lite_en/book2705/book.pdf)  
Op deze site vind je de technische gegevens van de Daihatsu Marine Engines.  
Schrijf op waarom Daihatsu geen tweeslagmotoren produceert.

---

---

---

- Zoek de technische gegevens op van een willekeurige personenautomotor. Vergelijk het **rendement** van die motor met dat van een grote scheepsmotor.  
Wat valt je op? (rendement is de hoeveelheid vermogen die een motor uit de brandstof haalt).

---

---

---

- Wat is een tweeslag-kruishoofdmotor? Zoek het antwoord op:  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Dieselmotor#Tweetakt>

---

---

---

---

- Wat is een vierslag-trunkzuigermotor? Zoek het antwoord op:  
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Dieselmotor#viertakt>

---

---

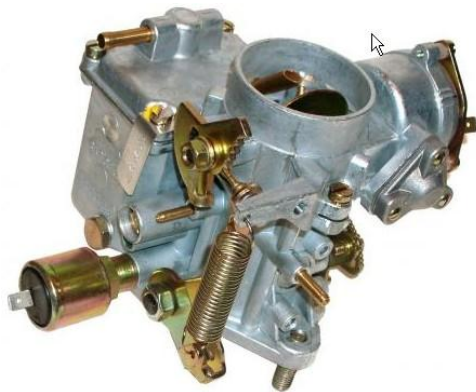
---

<b>Paraaf</b>	
---------------	--

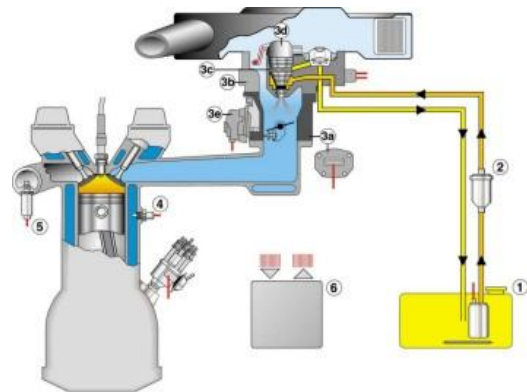
## Deeltaak 2 Brandstoffen

Tot de jaren negentig waren de uitlaatgassen van grote scheepsmotoren niet bepaald milieuvriendelijk.

Personenauto's liepen bij het terugdringen van de schadelijke uitstoot duidelijk voorop. Vroeger hadden de meeste personenauto's benzinemotoren met **carburetors**. Daarin werd de lucht met brandstof vermengd. Dat gebeurde tamelijk grof, zodat er veel brandstof onverbrand in de uitlaat terecht kwam. Dat gaf een enorme milieuvervuiling.



**Carburateur**

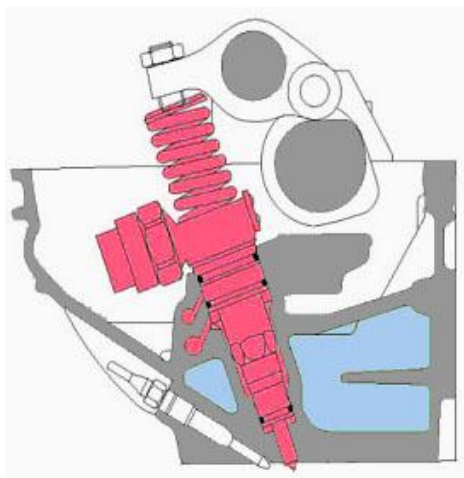


**Injectiesysteem**

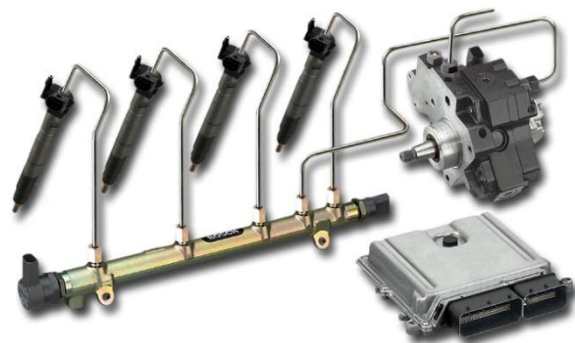
Toen kwam de zogenaamde **monopoint injectie**. Daarmee kon, met behulp van een beetje elektronica, de mengverhouding tussen benzine en lucht veel beter geregeld worden. Tegenwoordig hebben alle benzinemotoren **multipoint injectie**. Dat wil zeggen dat elke cilinder een injector heeft, die via een ECU (Electronic Control Unit) wordt aangestuurd.

Dieselmotoren werkten altijd al met injectiesystemen. Dat betekent dat bij elke cilinder op het juiste moment (aan het eind van de compressieslag) de juiste hoeveelheid brandstof wordt ingespoten.

Vroeger hadden alle diesels mechanische **lagedruk-injectie** (120-150 bar). Daarna kwam de **hogedruk-injectie** met **pompverstuivers** en – tegenwoordig het meest toegepast – de **commonrail systemen**. Deze systemen worden volledig elektronisch geregeld en werken met drukken tot wel 2500 bar. Dat zijn onvoorstelbaar grote drukken. Zorg dat je daar heel voorzichtig mee omgaat. De inspuitsstraal van een commonrail-verstuiver gaat dwars door je heen!



**Pompverstuiver**



**Commonrail**

## Opdracht 1

- Waarom denk je dat het 'schoner' maken van motoren bij de personenauto's begonnen is?
- 
- 

- Waarom denk je dat de drukken bij diesel-injectiesystemen de laatste jaren steeds hoger zijn geworden?
- 
- 

<b>Paraaf</b>	
---------------	--

## Raffinage van brandstoffen

In de scheepsvaart en op energiecentrales worden verschillende brandstoffen gebruikt. Dat hangt ook af van wáár de motor zijn werk moet doen. Het maakt nogal wat uit of de motor draait in een dichtbevolkt gebied of midden op de oceaan.

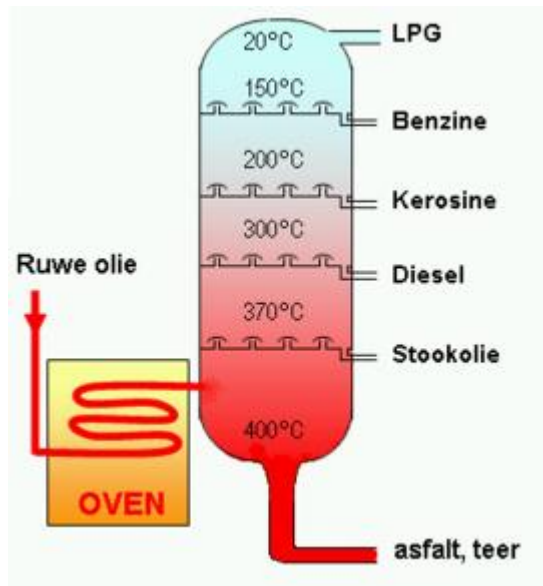
Voor de wereldwijde milieuvuiling blijft het natuurlijk hetzelfde, maar voor de mensen in de directe omgeving maakt het wél verschil welke lucht ze inademen.

We onderscheiden voor zware motoren:

- **Zware olie** (in het Engels HFO of Heavy Fuel Oil).  
HFO wordt voornamelijk gebruikt in de tweeslag-kruishoofdmotoren en middel snellopende vierslag-trunkzuigermotoren.
- **Marine dieselolie** (in het Engels MDO of Marine Diesel Oil)  
MDO wordt gebruikt in de snellopende dieselmotoren.
- **Gasolie** (dieselolie of gasolie).  
Deze wordt gebruikt in Categorie 1 motoren, de kleinere, snellopende dieselmotoren bij lagere temperaturen. Denk daarbij aan aggregaten en aan de pleziervaart.
- **LPG** kennen wij natuurlijk als brandstof voor personenauto's. Het komt vrij bij de **raffinage** van brandstoffen. In de maritieme en industriële sector wordt **LNG** of Liquid Natural Gas (vloeibaar aardgas) gebruikt.  
Tankers die LNG als lading hebben, gebruiken het zelf als brandstof om de stoomketels te verwarmen. Sommige kunnen ook omschakelen tussen zware stookolie en LNG, zodat ze eigenlijk nooit zonder brandstof komen te zitten. Er zijn ook motoren die op een mengsel van beide brandstoffen kunnen draaien, de zogenaamde DF of **Dual Fuel**.

Hieronder zie je het zogenaamde **raffinageproces**. De enorme ketels en pijpleidingssystemen kun je in de Europoort onder Rotterdam volop zien.

Bij het raffineren wordt de ruwe aardolie verwarmd, waardoor de **lichtere delen verdampen**. Deze delen worden afgetapt en condenseren weer tot vloeistoffen. Dat levert steeds lichtere (= hogere kwaliteit) brandstof op. Kijk maar eens goed in de zogenaamde raffinagekolom hieronder.



### Opdracht 2

- Welke brandstof zal het makkelijkst verdampen in de buitenlucht, benzine of diesel? Licht je antwoord toe.

---

---

---

- Wereldwijd worden turbines met stoomketels vervangen door aandrijving met motoren. Waarom?

---

---

---

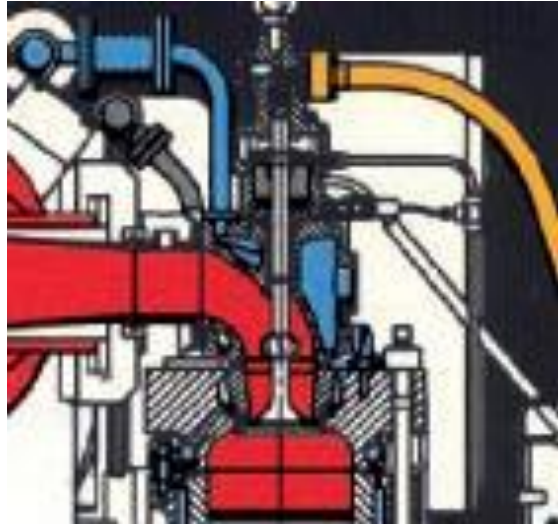
Paraaf	
--------	--

## Deeltaak 3 Componenten herkennen

### Opdracht 1

- Welk type motor heeft alleen uitlaatkleppen en geen inlaatkleppen?
- 

- Geef met een pijl hiernaast de uitlaatklep aan.



- Hiernaast zie je zogenaamde olieseparatoren. Zoek op waar die voor dienen.



---

---

---

---

---

---

- Welk onderdeel van een grote scheepsmotor zie je hiernaast?

---

---



- Welke onderdelen van een grote scheepsmotor zie je hieronder?



---

---

<b>Paraaf</b>	
---------------	--

## Deeltaak 4 Het milieu

Vroeger lette men niet zo erg op wat er uit de uitlaat kwam. Zo'n tachtig jaar geleden waren er ook nog niet zoveel schepen en auto's die de lucht vervuilden. De lucht was dus nog redelijk schoon.



Maar we zijn met steeds meer mensen op aarde. En we willen allemaal een eigen auto (of twee of drie) en we willen allemaal met het vliegtuig naar de verste bestemmingen op vakantie. En we willen producten hebben van over de hele wereld. En natuurlijk willen we 's zomers airco en 's winters verwarming.

Voor al dat transport en al die voorzieningen moeten verbrandingsmotoren draaien. En die motoren draaien op brandstof en ze stoten uitlaatgassen uit.

In de dichtbevolkte gebieden begon men daar het eerst last van te krijgen. In de omgeving van Rotterdam kregen de mensen dagelijks te maken met de uitstoot van de schepen, de industrie en het verkeer. Je kon bij bepaalde windrichtingen de was niet buiten hangen. Dan kwam het vol met roet te zitten. En je zag na regen op alle licht gekleurde auto's een dikke laag neerslag. Bovendien kregen steeds meer mensen problemen met de ademhaling. Dat kon natuurlijk zo niet doorgaan.



Er is de laatste jaren gelukkig veel veranderd in de verbrandingsmotorteknik. Dat heeft vooral te maken met het milieu. Je hebt daar al eerder in deze beroepstaak over kunnen lezen.

In heel veel bedrijfstakken is men bezig om de schade voor het milieu terug te dringen. De raffinaderijen proberen zoveel mogelijk schadelijke stoffen uit de brandstof te halen. Verder is er ook heel veel te winnen door het brandstofverbruik te verminderen. Motorfabrikanten zijn voortdurend bezig om een hoger rendement uit de brandstof te halen. In de toekomst zullen er nieuwe brandstoffen ontwikkeld zijn waardoor de motor nog minder of geen schadelijke gassen zal uitstoten.

## Waarom zijn uitlaatgassen zo schadelijk?

Hieronder zie je de belangrijkste stoffen die in uitlaatgassen voorkomen.

- **Koolmonoxide (CO)**. Dit is een giftig gas dat vrijkomt bij onvolledige verbranding. Het is onzichtbaar en reukloos. Er vallen nog steeds enkele doden per jaar als gevolg van keukengeisers of CV ketels met een slechte afvoer.
- **Kooldioxide (CO<sub>2</sub>)**. Dit gas is niet giftig en het wordt voor een groot deel opgenomen door de bomen in de tropische regenwouden en door het water van de oceanen. Niks aan de hand dus, zou je zeggen. Maar CO<sub>2</sub> draagt wel sterk bij aan de **opwarming van de aarde** en dat is een serieus probleem. Als die opwarming zo doorgaat, is de aarde over een tijd niet meer bewoonbaar, tenminste niet op de manier die we gewend zijn.  
Met ruim één miljard ton per jaar neemt de scheepvaart bijna 4,5 procent van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot voor haar rekening. Ter vergelijking: de luchtvaart produceert jaarlijks ongeveer 650 miljoen ton.
- **Zwavel dioxide**. Dit is uiterst giftig. Het zwavelgehalte in zware brandstoffen is ongeveer 3,5%. De Europese Commissie werkt aan voorstellen en regelgeving om het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen te verlagen. Dit zal voor een verbetering van de luchtkwaliteit moeten zorgen. Men streeft ernaar om de uitstoot van zwavel dioxide met 90% te laten afnemen.
- **Fijn en grof stof**. De emissies van scheepvaartmotoren worden berekend met behulp van de **roet-emissiefactor** (4,5 g/kg brandstof). Het geschatte aandeel fijn stof hierin is 25%. Fijn stof is slecht voor je longen, want het dringt diep door en zorgt voor allerlei vervelende longaandoeningen. Grof stof, de zichtbare uitstoot, is minder schadelijk omdat het niet diep in je longen doordringt. Maar gezond is het zeker niet. Ook op het gebied van fijn stof is de Europese Commissie actief. Men wil de uitstoot van fijne stofdeeltjes met 80% laten afnemen. Tegenwoordig worden er al veel roetfilters gebruikt.
- **Stikstofoxiden** (afgekort tot NO<sub>x</sub>) is de verzamelnaam voor de verbindingen van zuurstof en stikstof. NO<sub>x</sub> komt vrij bij hoge verbrandingstemperaturen en is schadelijk voor de gezondheid. Ook hiervoor worden er nu al verschillende systemen gebruikt om de schadelijke effecten ver terug te dringen, de z.g. De-nox installaties.

### Een voorbeeld

Om te laten zien hoe druk men bezig is met het terugdringen van de schadelijke uitstoot, kun je hieronder een stukje lezen uit een persbericht van het **Nederlands Loodswezen**. Het gaat over de bouw van nieuwe tenders. Loodsen zijn de mannen (en soms vrouwen) die de grote zeeschepen veilig de havens en de smalle en ondiepe vaargeulen in- en uithelpen. Ze worden aan boord gezet en afgehaald door kleine en snelle boten, de zogenaamde tenders.





## **Emissie-reducerende uitlaatgas-installatie op nieuwe tenders Nederlands Loodswezen**

Per nieuwe tender worden er twee installaties ingebouwd. Met behulp van deze emissie-reductietechnologie wordt er nagenoeg geen roet en fijnstof (reductie meer dan 97%) meer uitgestoten. Op de proefstand bij NC Power in Seattle bleek de reductie zelfs meer dan 99% te zijn. De reductie van NO<sub>x</sub> is meer dan 70%, en van CO meer dan 50%. Zelfs de onverbrande koolwaterstoffen worden met meer dan 50% gereduceerd. Met deze technologie, in combinatie met de Caterpillar C32 ACERT motoren – de schoonste in hun soort – gaan deze nieuwe tenders behoren tot de schoonste schepen wereldwijd.

Daar zijn we als Loodswezen best trots op!



***Caterpillar C32 ACERT***

## Deeltaak 5 Terugkijken

Je hebt nu de beroepstaak helemaal uitgevoerd.

In deze laatste deeltaak kijk je terug op de hele beroepstaak. Dat doe je door een kort verslag te schrijven.

Beschrijf in je verslag:

- Wat je geleerd hebt.
- Wat je moeilijk vond.
- Wat je makkelijk vond.
- Wat je belangrijk vindt met betrekking tot industriële en maritieme verbrandingsmotoren.
- Waarom je dat belangrijk vindt.
- Waarom er zoveel aandacht is voor het milieu.
- Welke onderdelen je hebt gezien.
- Waarvoor die onderdelen dienen.

Het verslag moet minstens één kantje A4 zijn.

Je mag afbeeldingen gebruiken, maar het mag geen fotoalbum worden.

Je moet ook iets kunnen vertellen over de beroepstaak.

Lever de complete beroepstaak op tijd in bij je docent.

Veel succes!

### Tot besluit

Het zou natuurlijk het mooist zijn om eens bij een onderhoudsbedrijf van verbrandingsmotoren te gaan kijken, of -nog mooier- om een verbrandingsmotortechnicus op een schip of een grote installatie aan het werk te zien.

Op [www.echtsleutelen.nl](http://www.echtsleutelen.nl) kun je zien wanneer een bedrijf bij jou in de buurt een open dag organiseert. Je kunt natuurlijk ook aan je leraar vragen of hij eens een bedrijfsbezoek kan regelen of dat er iemand van een verbrandingsmotorbedrijf bij jullie op school een praatje wil komen houden.